

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-103041  
(43)Date of publication of application : 13.04.1999

(51)Int.CI.

H01L 27/146

(21)Application number : 09-279502

(71)Applicant : SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD

(22)Date of filing : 26.09.1997

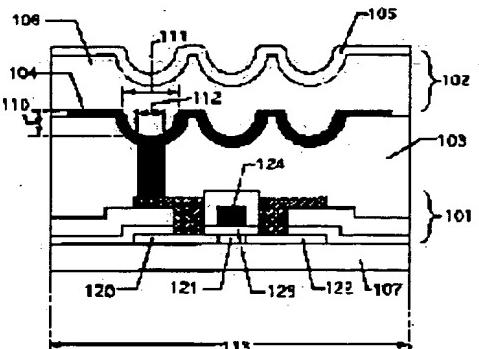
(72)Inventor : CHIYOU KOUYU  
SAKAKURA MASAYUKI

## (54) PHOTOELECTRIC CONVERTER AND MANUFACTURE THEREOF

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the sensitivity of an image sensor, by providing an org. resin film above signal transfer elements, providing photoelectric conversion elements above the resin film, and forming lower electrodes of the photoelectric conversion elements on bent parts.

**SOLUTION:** A converter comprises top gate type MOS transistor signal transfer elements 101 having a semiconductor layer having source regions 120, channel regions 121 and drain regions 122, gate insulation film 123 and gate electrodes 124, org. resin film 103 disposed above these elements 101, and photoelectric conversion elements 102 disposed above the resin film 103. The conversion elements 102 have curved lower electrodes 104 and curved upper electrodes 105 for re-reflecting a light condensed by the lower electrodes 104, thereby obtaining an image sensor having a uniform sensitivity over pixels.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**BEST AVAILABLE COPY**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-103041

(43) 公開日 平成11年(1999)4月13日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 01 L 27/146

識別記号

F I

H 01 L 27/14

E

審査請求 未請求 請求項の数12 FD (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平9-279502

(22) 出願日

平成9年(1997)9月26日

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所  
神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 張 宏勇

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 坂倉 真之

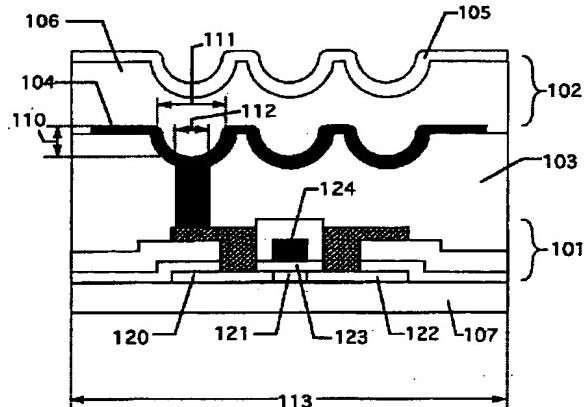
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内

(54) 【発明の名称】 光電変換装置およびその作製方法

(57) 【要約】

【課題】 積層型の光電変換素子の感度を均一に向上させる。

【解決手段】 信号転送素子101と光電変換素子102が積層してなる光電変換装置において、光電変換素子102の下部電極104に湾曲部を有させ、均一に光閉じ込めを行うことによって感度を向上させる。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】信号転送素子の上方に光電変換素子を積層してなる光電変換装置であって、

前記信号転送素子の上方に有機樹脂膜が設けられ、前記有機樹脂膜の上方に前記光電変換素子が設けられ、前記光電変換素子の下部電極は湾曲部を有することを特徴とする光電変換装置。

【請求項2】信号転送素子の上方に光電変換素子を積層してなる光電変換装置であって、

前記信号転送素子の上方に有機樹脂膜が設けられ、前記有機樹脂膜の上方に前記光電変換素子が設けられ、前記光電変換素子の上部電極の上にマイクロレンズが設けられ、前記光電変換素子の下部電極は湾曲部を有することを特徴とする光電変換装置。

【請求項3】請求項1または請求項2において、前記湾曲部の高低差は0.25μm～4μmであることを特徴とする光電変換装置。

【請求項4】請求項1乃至請求項3において、前記湾曲部は、前記下部電極と前記信号転送素子とを接続するためのコンタクトホールより大きく、画素より小さることを特徴とする光電変換装置。

【請求項5】請求項1乃至請求項4において、前記光電変換素子の下部電極の表面材料はアルミニウム、モリブデン、タンタル、チタン、金、銀、白金から選択された金属材料であることを特徴とする光電変換装置。

【請求項6】請求項1乃至請求項5において、前記有機樹脂膜の材料は、ポリイミド、ポリアミド、ポリイミドアミド、またはアクリル樹脂から選択された有機樹脂であることを特徴とする光電変換装置。

【請求項7】信号転送素子の上方に光電変換素子を積層してなる光電変換装置の作製方法であって、  
基板上に信号転送素子を形成する工程と、前記信号転送素子の上方に有機樹脂の平坦化膜を形成する工程と、前記平坦化膜にレジストを形成する工程と、前記レジストに湾曲部を形成する工程と、前記平坦化膜を前記湾曲部とほぼ同じ形状にエッティングする工程と、前記光電変換素子の下部電極を形成する工程と、前記下部電極の上に光電変換層と上部電極を形成する工程と、を有することを特徴とする光電変換装置の作製方法。

【請求項8】信号転送素子の上方に光電変換素子を積層してなる光電変換装置の作製方法であって、

基板上に信号転送素子を形成する工程と、前記信号転送素子の上方に有機樹脂の平坦化膜を形成する工程と、前記平坦化膜にレジストを形成する工程と、前記レジストに湾曲部を形成する工程と、前記平坦化膜を前記湾曲部とほぼ同じ形状にエッティングする工程と、前記光電変換素子の下部電極を形成する工程と、前記下部電極の上に光電変換層と上部電極を形成する工程と、前記上部電極の上方にマイクロレンズを形成する工程と、を有する光電変換装置の作製方法。

【請求項9】請求項7または請求項8において、前記湾曲部の高低差を0.25μm～4μmに形成することを特徴とする光電変換装置の作製方法。

【請求項10】請求項7乃至請求項9において、前記湾曲部を、前記下部電極と前記信号転送素子とを接続するためのコンタクトホールより大きく、画素より小さく形成することを特徴とする光電変換装置の作製方法。

【請求項11】請求項7乃至請求項10において、前記光電変換素子の下部電極の表面材料として、アルミニウム、モリブデン、タンタル、チタン、金、銀、白金から選択された金属材料を用いることを特徴とする光電変換装置の作製方法。

【請求項12】請求項7乃至請求項11において、前記有機樹脂膜の材料として、ポリイミド、ポリアミド、ポリイミドアミド、またはアクリル樹脂から選択された有機樹脂を用いることを特徴とする光電変換装置の作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、信号転送素子の上方に光電変換素子を積層してなる光電変換装置に関する。特に、光電変換装置の感度向上に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光電変換装置は、光電変換素子を有する装置である。光電変換素子とは、光エネルギーを電気エネルギーに変換する素子と電気エネルギーを光エネルギーに変換する素子である。光電変換素子のうち、光エネルギー（光信号）を電気エネルギー（電気信号）に変換する素子は、エネルギー発生を目的とした光起電力素子（太陽電池）と、信号処理を行なうための受光素子とがある。この受光素子は、光起電力効果を用いたホトダイオード、ホトトランジスタや、光導電効果を用いた光導電セル等がある。光電変換装置の一つであるイメージセンサは、集積回路技術の進歩により、ホトダイオードや光導電セルと信号転送素子とを同一素子基板上に集積化した装置であり、広く用いられるようになってきている。

【0003】光電変換装置に用いられる光電変換素子は一般に光エネルギー（光信号）を効率よく電気エネルギー（電気信号）に変換するため、様々な工夫がなされている。例えば光電変換素子の電極をテクスチャ構造にして光電変換素子の中で光を散乱させ、光電変換素子（太陽電池）のエネルギー発生量を向上させている。しかしテクスチャ構造の光散乱は確率論的な乱反射であるので意識的に制御できず、均一に電気エネルギー（電気信号）を増すことはできない。

【0004】光電変換装置のなかでも特に最近注目されているのはイメージセンサである。イメージセンサを用いたデジタルスチルカメラ、カムコーダ等がマルチメディアの到来に伴って急速に普及しており、イメージセン

サに入った光信号を電気信号に変換する効率（変換効率）を向上させる試みが盛んになされている。イメージセンサは同一素子基板の同一平面上に光電変換素子と信号転送素子などが配置される結果、イメージセンサの信号転送素子の領域は光電変換のできないデッドスペースとなる。そこで光信号を光電変換装置の光電変換素子の領域に集光させるため、マイクロレンズを設けたイメージセンサが提案されている。

【0005】また、光電変換素子と信号転送素子とを積層させ、光電変換機能と信号転送機能とを垂直方向に機能分担させる図2に示すような積層型のイメージセンサが提案されている。図2に示すのは積層型のイメージセンサの一画素の断面図である。積層型のイメージセンサは、信号転送素子201を集積化した基板上に光電変換素子202を形成するものである。図2に示すような積層型のイメージセンサの構造にすると、同一平面上に光電変換素子と信号転送素子が配置されるイメージセンサと比ペデッドスペースをほとんどなくすことができる。イメージセンサの光電変換素子の領域を増やすことができる。また、図2では信号転送素子201にトップゲート型のMOSトランジスタを用いたMOS形イメージセンサを示したが、信号転送素子にMOSキャパシタを利用したCCDイメージセンサや、他の信号転送素子を用いたイメージセンサを積層型のイメージセンサに用いることもできる。

【0006】イメージセンサは急速な普及に伴い、さらに小型、さらに安価とすることが要求されている。現に、イメージセンサの大きさは年々小さくなりつつあり、イメージセンサの大きさを決定する光学系の大きさが80年代の2/3インチから現在の1/4インチにまでなっており、実際に1/4インチカメラ用のイメージセンサーが商品化されている。また、イメージセンサの光学系の大きさが小さくなると安価なイメージセンサを作製できる。イメージセンサの大きさを小さくし、なおかつ従来と同じ解像度または従来よりも高い解像度を有する高画質なイメージセンサを得ようとすると、一画素の大きさを小さくした高密度なイメージセンサが必要になる。実際に、イメージセンサの光学系の縮小に伴い画素の大きさも小さくなっている、一画素の大きさが $10\text{ }\mu\text{m} \times 10\text{ }\mu\text{m}$ 以下のイメージセンサも商品化されている。そして、今後も画素の大きさの縮小化はさらに進むと予想される。

【0007】イメージセンサの一画素の大きさが小さくなると、一画素に入る光信号はそれだけ小さくなる。そして、イメージセンサの光電変換素子で変換される電気信号も小さくなり、すなわち発生する電荷の量が少なくなるので、発生する電荷の量に対し装置内外の電気的影響により発生するノイズの相対的な割合が増し、感度が低下する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記のように高画質で小さなイメージセンサを得るために、イメージセンサの一画素の大きさを小さくしていくと、イメージセンサの感度が低下するという問題が生じる。画素の縮小に伴うイメージセンサの感度低下を解決するためには、従来のマイクロレンズを設けたり、光電変換素子と信号転送素子を積層化させるだけでは不十分である。

【0009】イメージセンサの光電変換層に光を閉じ込めて、発生する電荷量を向上させれば感度を向上させることができる。しかし、テクスチャー構造の電極を有する光電変換素子をイメージセンサに用いると、散乱光を制御できず、各画素毎の感度にばらつきが生じる。

【0010】そこで本発明は、イメージセンサの感度を向上させ、かつ各画素毎の感度の均一性を持ったイメージセンサを得ることを目的とする。また、本発明はイメージセンサに限らず、光電変換素子を有する光電変換装置の感度を向上させ、かつ感度の均一性を持った光電変換装置を得ることを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】光電変換装置の光電変換素子に入った光信号（以後光とする）をむだなく電気信号（以後電荷とする）に変換させることによって感度を上げることができる。特に均一に光を閉じ込めるために本発明は、光の反射、集光、分散を利用して光を集めて制御することを特徴とする。そこで、本発明は光電変換装置の光電変換素子に用いられている電極に注目した。

【0012】本発明の第1の構成は積層型の光電変換装置において、信号転送素子の上方に有機樹脂膜が設けられ、有機樹脂膜の上方に光電変換素子が設けられ、光電変換素子の下部電極は湾曲部を有することを特徴とする光電変換装置である。

【0013】本発明の第1の構成を図1に示す。図1に示しているのは、信号転送素子101と光電変換素子102が積層してなる光電変換装置の一画素の断面図である。光電変換素子102は下部電極104、光電変換層106、上部電極105からなる。信号転送素子101の上方に有機樹脂膜103が設けられ、有機樹脂膜103の上方に光電変換素子102が設けられ、光電変換素子の下部電極104は湾曲部を有する。図1は光電変換装置の一画素分の断面を示しており、一画素の下部電極に3個の湾曲部が設けられている。すなわち図1に示す光電変換装置は一画素に $3 \times 3$ の9個の湾曲部が形成されている。湾曲部を有する下部電極104は光閉じ込めの効果が大きい。また集光機能を有しているので光を均一に閉じ込めることができる。また各画素毎の感度のばらつきを防ぐため下部電極の湾曲部の配置を各画素毎に同じ配置とすると好ましい。さらに下部電極104で集光された光が上部電極105で再反射される際に上部電極も湾曲部を有すると、この上部電極によって意識的に光を分散させることができ、上下の電極で分散、集光

を繰り返すことにより、感度を均一に向かうことができる。

【0014】また、本発明の第2の構成は、本発明の第1の構成において、光電変換素子の下部電極の材料、特に表面材料は、アルミニウム、モリブデン、タンタル、チタン、金、銀、白金から選択された金属材料であることを特徴とする光電変換装置である。本発明の第1の構成は光電変換素子の下部電極が湾曲部を有し、下部電極の湾曲部を用いて電荷に変換されなかった光を反射、集光させることを特徴としている。すなわち下部電極での反射光を集光させることを特徴としており、その下部電極の表面材料に反射率の高い材料を設けることは必須である。

【0015】また本発明の第3の構成は、本発明の第1の構成または本発明の第2の構成において、光電変換素子の下部電極の湾曲部の高低差は $0.25\mu m \sim 4\mu m$ であることを特徴とする光電変換装置である。高低差は湾曲部を形成する時に用いるレジストの紫外線透過厚によって限定される。光電変換素子の下部電極の湾曲部の高低差(図1の110)は反射角度に影響する。この湾曲部を利用して光を反射、集光させるので、ある程度高低差の大きい湾曲部、すなわちある程度の反射角度を有する湾曲部を必要とする。また光電変換素子の下部電極の湾曲部は、球面レンズ状でなくともシリンドリカルレンズ状でもかまわない。

【0016】また、本発明の第4の構成は、本発明の第1乃至第3の構成において、光電変換素子の下部電極の湾曲部は、下部電極と信号転送素子とを接続するためのコンタクトホールより大きく、一画素の大きさより小さいことを特徴とする光電変換装置である。図1を用いて本発明の第4の構成を説明する。光電変換素子の下部電極の湾曲部の大きさ111は、下部電極104と信号転送素子101とを接続するためのコンタクトホール112より大きく、一画素の大きさ113より小さければよい。図1の光電変換装置の断面図は、3個の湾曲部を有する構造としたが、1個や2個でも、また3個よりさらに複数でもかまわない。

【0017】また、本発明の第5の構成は、本発明の第1乃至第4の構成において、有機樹脂膜の材料は、ポリイミド、ポリアミド、ポリイミドアミド、またはアクリル樹脂から選択された有機樹脂であることを特徴とする光電変換装置である。

【0018】また、本明細書において信号転送素子とは、光電変換素子で変換された電気信号の蓄積機能と、信号蓄積と読み取りの切り換え機能と、画素位置の選択機能とを少なくとも有する信号転送素子全てを含む。さらに、読み取り機能の他に、增幅機能を備えた信号転送素子も含む。ゆえに、図1の信号転送素子にはMOSトランジスタを用いたが、MOSキャパシタ、MOSトランジスタやMOSキャパシタを組み合わせた信号転送素子、または他の信号転送素子を用いることもできる。そ

して、図1のイメージセンサにはMOS形イメージセンサを用いているが、CCDイメージセンサ、CIDSイメージセンサ、CPDイメージセンサ、及びそれらを組み合わせたイメージセンサを用いることもできる。また、本発明を用いると、光電変換層の表面積を広げることができ、光電変換効率を上げることができる。

【0019】本発明の第1の構成の光電変換装置の作製方法、つまり光電変換素子の下部電極表面に湾曲部を形成する方法は、下部電極を等方性エッチングして形成されてもよいが、均一で滑らかな湾曲部を形成するため、本発明の第6の構成では下部電極の下方の有機樹脂膜に湾曲部を形成し、その上方に湾曲部を有する下部電極を形成する。

【0020】本発明の第6の構成は、本発明の第1の構成の光電変換装置の作製方法である。すなわち図1に示す光電変換装置の作製方法である。本発明の第6の構成、すなわち図1の光電変換素子の作製方法を図1、図3、及び図6に示す。まず図3(a)に示すように、基板107上に信号転送素子101を形成し、信号転送素子101の上方に有機樹脂の平坦化膜301を形成する。次に、図3(b)に示すように平坦化膜301上にレジスト302を形成する。次に、図3(c)に示すように、レジスト302に湾曲部を形成する。そして、平坦化膜302をレジスト303の湾曲部とほぼ同じ形状にエッチングして、図3(d)に示す構造を得る。その後、図1に示すように、コンタクトホールを形成し、光電変換素子の下部電極104を形成し、下部電極104の上に光電変換層106と上部電極105を形成して、第1の構成の光電変換装置を作製する。

【0021】図3(c)に示す、有機樹脂平坦化膜301に湾曲部を形成する方法は、レジスト302にパターニングによって湾曲部を形成しそれをエッチングする方法を用いる。パターニング方法には①パターンを密着させて一括露光する方法と、②パターンを基板から離して焦点を合わせて露光するステッパやミラープロジェクションアライナ(MPA)を用いる方法や、プロキシミティ方式がある。

【0022】一般には、素子の小型化に伴い、解像度ができるだけ良くするよう検討されている。例えば、②の方法を用いた場合、マスクパターンを解像度よく基板に投影するために、光学系を用いる等をしている。本発明は逆に、解像度を低くして像をぼかし、パターニング形状を不明瞭とし、湾曲部を形成するものである。基板とマスクが離れているため光のまわりこみが生じることも合わせて考慮すると、湾曲部を形成することは可能である。

【0023】解像度を高めるために、光学系を用いて焦点深度と基板の位置を合わせるのが一般的だが、本発明では逆に焦点深度と基板の位置を意識的にずらす。光学系を調節して焦点深度をずらすか、基板の位置を動かす

せば焦点深度と基板の位置をずらすことができる。以下、図6および図7を用いながら、湾曲部の具体的な形成方法を説明する。図6(a)は、円形がくり抜かれたパターンが印刷されるマスクである。図6(b)に示すのは、図6(a)のマスク601のA-B断面図とポジ型のレジスト602の断面図である。マスクの上方から矢印で示す光605が入射し、マスクと離して置かれているポジ型のレジストを露光する。マスクと離してレジストを置くため光のまわり込みが生じ、一部の光607は斜めに進む。そして焦点が合っている状態からマスクとレジストとの距離603を少しずらして露光すると、図6(c)に示すパターニング形状の不明瞭な凹湾曲部を有するレジスト604を形成できる。

【0024】マスクパターンを図6(a)に示すマスクとほぼ逆転させた、図7(a)に示す円形のパターンが印刷されているマスク701を用いて、図7(b)に示すようにポジ型のレジスト702を図6のマスクを用いたときと同様に露光すると、今度は図7(c)に示す凸湾曲部を形成できる。また図6、図7では球面レンズ状の湾曲部を形成したが、シリンドリカルレンズ状に湾曲部を形成したい場合には細長い長方形のパターンが印刷されたマスクを用いるで形成することができる。

【0025】レジストは、ポジ型のレジスト、ネガ型のレジストのどちらを用いてもよい。同じ種類のレジストを用いた場合、図6、図7で示したようにマスクパターンを逆転させれば、凹凸が逆になった湾曲部を形成できる。また、同じマスクパターンを用いた場合、ポジ型レジスト、ネガ型レジストを使い分ければ、凹湾曲部も凸湾曲部も形成することができる。すなわち、マスクパターンとレジストの選択により凸湾曲部も凹湾曲部も形成できる。さらに有機樹脂膜(例えば図3(a)の301)に感光性ポリイミドを用いて、その感光性ポリイミドを図6に示すように直接パターニングで形成することでレジストを用いることなく直接有機樹脂膜に湾曲部を形成できる。感光性ポリイミドとしては、商品名ホトニースのネガ型のレジスト等がある。

【0026】図6に示すレジストの湾曲部の高低差610は、レジスト厚611により限定される。ここでレジスト厚とはレジストを露光できる厚み、すなわちレジストの紫外線透過厚であり、現在の技術ではレジスト厚0.25μm~4μmである。ゆえに湾曲部の高低差は0.25μm~4μmとなる。

【0027】また湾曲部の大きさはマスクパターンによりコントロールでき、湾曲部の大きさと湾曲部の高低差をコントロールすることにより湾曲部の形状を変えることができる。湾曲部は、球面レンズ状の近似的半円球面もしくはシリンドリカルレンズ状の近似的半円柱面を有する形状にすることが好ましい。本発明の第6の構成において、上記方法を用いて図3(c)に示す湾曲部を有するレジスト303を形成し、そのレジスト303をエ

ッチングして図3に示す有機樹脂平坦化膜301に湾曲部を形成する。エッチングはレジストと有機樹脂膜の選択比が1対1から1対2、好ましくは選択比がほぼ1対1の方法を用いて行なう。

【0028】こうして作製した湾曲部を有する有機樹脂膜の上方に光電変換素子の下部電極、光電変換層、上部電極を形成する。下部電極は平坦にならないように無機材料を用いて湾曲部を形成する。また光電変換層、上部電極に無機材料を用いて湾曲部を形成すると上部電極も湾曲部を有するのでさらに好ましい。

【0029】本発明の第7の構成は、図4に示すように、積層型の光電変換装置において、信号転送素子101の上方に有機樹脂膜103が設けられ、有機樹脂膜103の上方に光電変換素子102が設けられ、光電変換素子の上部電極105の上にマイクロレンズ401が設けられ、光電変換素子の下部電極104は湾曲部を有することを特徴とする光電変換装置である。本構成は、本発明の第1の構成の光電変換装置の上にマイクロレンズを設けた光電変換装置である。

【0030】従来は、光を光電変換素子に集めるため一画素に1個のマイクロレンズを形成している。しかし、積層型にすることによって、画素と光電変換素子をほぼ同じ大きさとすることが可能となり、光を集める必要はなくなってきた。一方、表面にマイクロレンズを形成すると、光をロスなく光電変換素子に取り入れることができる。

【0031】従来の集光を目的としたマイクロレンズは、一画素に1個のマイクロレンズを設けているが、画素が角形でマイクロレンズが球形なので、画素の四つ角にはレンズがない領域となる。そこで、1画素当りのマイクロレンズの個数に関して検討した。

【0032】マイクロレンズのない領域を少なくするには、マイクロレンズの大きさを小さくし、一画素に複数のマイクロレンズを間隔がほとんどゼロとなるように配置することによって達成できる。さらに、マイクロレンズが厚いとマイクロレンズ自体に光が吸収されてしまう。一画素に複数のマイクロレンズを設ければ、一つのマイクロレンズは小さくなるので、マイクロレンズの厚みを薄くでき、光のロスを少なくすることができる。さらに、複数のマイクロレンズを形成すると、複数の集光点が生じ、変換効率を上げることができる。

【0033】このマイクロレンズの大きさ、光電変換素子の下部電極の大きさと同じであっても違っていてもかまわない。さらに、マイクロレンズの凸部と光電変換層の凹部または凸部の位置は、揃っていてもずれても構わない。しかしマイクロレンズの凸部と下部電極の凹部の位置を揃えると両凸マイクロレンズとなるので、片凸マイクロレンズよりも効率がさらに上がり好ましい。

【0034】また、各画素ごとの感度をなるべく同じくするため、各画素のマイクロレンズの配置を同じ配置と

する。その際、セルの境界付近にマイクロレンズがあるとパターニングが多少ずれただけでセルの感度に影響を与える。よって、セルの境界線付近にはマイクロレンズを配置しないようにするとさらによい。

【0035】本発明の第8の構成は、本発明の第7の構成の光電変換装置の作製方法である。図4に示す信号転送素子101の上方に光電変換素子102を積層してなる光電変換装置の作製方法であり、第1の構成の光電変換装置の上方にマイクロレンズを形成した光電変換装置の作製方法である。第1の光電変換装置を作製するまでは、第6の構成と同じ方法を用いる。

【0036】その後の作製方法を図5、図7に示す。まず、図5(a)に示すように、光電変換層の上部電極105の上方に有機樹脂の平坦化膜501を形成し、その上にレジスト502を形成する。このレジストに例えればポジ型のレジストを用いた場合、図7に示すようなマスク701を用いてパターニングして、図7(c)に示す凸湾曲部を有するレジスト704(すなわち図5(c)の503)を形成する。そして、レジストと有機樹脂膜のエッチング選択比が1対1から1対2、好ましくはほぼ1対1となるようにエッチングして、図4のマイクロレンズを形成することができる。

【0037】

#### 【実施例】

【実施例1】本実施例は、図1に示すような下部電極104、光電変換層106、上部電極105からなる光電変換素子102の下部電極104が湾曲部を有する積層型のイメージセンサおよびその作製方法である。下部電極104を湾曲部にすると、光を集めることができる。光を均一に閉じ込めることができる。

【0038】図1に本実施例の光電変換装置の一画素の断面図を示す。本実施例の光電変換装置には、ソース領域120、チャンネル領域121、ドレイン領域122を有する半導体層と、ゲート絶縁膜123、ゲート電極124を有するトップゲート型のMOSトランジスタ101が設けられ、MOSトランジスタ101の上にポリイミド膜103が設けられている。

【0039】一画素の大きさ113は $10\text{ }\mu\text{m} \times 10\text{ }\mu\text{m}$ である。しかし、画素の大きさは本実施例では $10\text{ }\mu\text{m} \times 10\text{ }\mu\text{m}$ としたが、この大きさに限定されることはない。またMOSトランジスタの上に設けられているポリイミド膜103の材料は、アクリル樹脂、ポリアミド、ポリイミドアミド等の他の有機樹脂でもよい。

【0040】ポリイミド膜103の上に光電変換素子として本実施例ではPINダイオード102が設けられている。PINダイオード102の下部電極としてアルミニウム104、上部電極としてITO105が設けられ、アルミニウム104は湾曲部を有する。本実施例ではPINダイオードの下部電極として金属の中でも反射率の大きいアルミニウムを設けているが、表面にアルミニウムが設けられているような、チタンやモリブデンとアルミニウムの積層膜でもよい。さらに、アルミニウム以外の反射率の大きな金属材料である、チタン、モリブデン、タンタル、白金、金、銀を下部電極の表面材料に用いることができる。

【0041】また、光電変換素子として本実施例ではPINダイオードを設けているが、他のホトダイオードや光導電セル等であってもよい。また感度の均一性を有させるために、PINダイオードの下部電極であるアルミニウム104の湾曲部の配置を各画素ごとに同じ配置とするとさらによい。

【0042】さらにアルミニウム104で集光された光が再びITO105で反射される際にITOも湾曲部を有する場合には、反射光がこのITOの湾曲部によって意図的に分散させることができ、上下の電極で光の分散、集光を繰り返すことにより感度を均一に向かうことができる。

【0043】図1、図3、および図6に本実施例で示す光電変換素子の作製工程を示す。まず、図3(a)に示すように、トップゲート型のMOSトランジスタ101を形成し、その上方に厚み $5\text{ }\mu\text{m} \sim 10\text{ }\mu\text{m}$ のポリイミドの平坦化膜301を設ける。ポリイミドの平坦化膜301の上に、図3(b)に示すようにポジ型のレジスト302を付ける。レジストは、 $1\text{ }\mu\text{m} \sim 3\text{ }.\text{ }5\text{ }\mu\text{m}$ の厚みを持つように形成する。

【0044】そして露光の際に、焦点が合っている状態から焦点深度を少しずらし、図6(a)に示す円が抜かれたパターンが印刷されているマスク601を用い、ポジ型レジスト302を図3(c)のように凹湾曲部を有するレジスト303に加工する。図6(a)のマスク601は、一画素に相当するマスクを示しており、本実施例では一画素に $3 \times 3$ の9個の湾曲部を形成する。このマスクの円の大きさ606は $2\text{ }\mu\text{m} \sim 3\text{ }\mu\text{m}$ であるよう設計されている。

【0045】露光装置はミラープロジェクションライナ(MPA)を用いる。露光の再にMPAの光学系の焦点深度を微妙にずらし、パターンをぼかしてレジスト露光を行い、湾曲部にパターニングする。湾曲部の高低差610はレジスト厚611とほぼ同じか、それより少し小さい $0\text{ }.\text{ }5\text{ }\mu\text{m} \sim 3\text{ }.\text{ }5\text{ }\mu\text{m}$ である。また、湾曲部の大きさ612はほぼマスクの円の直径613と同じか、それより少し大きい $2\text{ }\mu\text{m} \sim 3\text{ }.\text{ }5\text{ }\mu\text{m}$ である。

【0046】次に、図3に示すレジスト303の湾曲部とほぼ同じ形状にポリイミド301を形成するため、エッチャングレートがほぼ1対1となるような条件でRIE異方性エッチャングを行なう。エッチャングは、 $\text{CF}_4 / \text{O}_2$ を5対95の割合で混合したエッチャングガスを用いてRIE異方性エッチャングを行なう。このエッチャングガスを用いると、レジストと、ポリイミドのエッチャング選択比をほぼ1対1にすることができる。

【0047】本実施例では、 $\text{CF}_4 / \text{O}_2$  を混合したエッティングガスを用いて RIE 異方性エッティングを行なつたが、レジストとポリイミドのエッティング選択比を 1 対 1 から 1 対 2 になるような、他の材料や他の条件で RIE 異方性エッティングすることも可能である。また、一般的のドライエッティングによっても可能である。このようにして、図 3 (d) に示す凹湾曲部を有するポリイミド 304 を形成することができる。

【0048】またポリイミドとレジストのプリベーク温度を低めに設定しておき、ポリイミドをレジストとほぼ同じ形状にエッティングした後ポリイミドを再度ベークして表面を滑らかにする工程を加えるとさらによい。この場合プリベークは 100 ~ 200 度で行い、2 度目のベークは 250 ~ 350 度で行なう。

【0049】ポリイミド膜に一画素に 9 個ずつ凹湾曲部を形成したのち、図 1 に示すようにコンタクトホールを形成し、アルミニウム 104 を形成する。アルミニウム 104 もポリイミド膜 103 とほぼ同じ凹湾曲部を有する。このようにして反射率が大きく、光を集め働きを有する凹湾曲部を下部電極に設ける。更に、アモルファスシリコン 106、ITO 105 を形成し、図 1 に示す目的のイメージセンサを作製する。このようにして作製した図 1 に示す構造のイメージセンサは、画素を小さくしても感度を均一に向上させることができる。

【0050】本実施例は、露光装置として MPA を用いたが、焦点深度を調節できるようなステップを用いて作製することもできる。またプロキシミティ方式を用いることもできる。また、本実施例は、湾曲部の高低差を 0.5 μm ~ 3.5 μm に形成したが、0.25 μm ~ 4 μm をとり得る。さらに、本実施例は、図 1 に示す湾曲部の大きさ 111 が 2 μm ~ 3.5 μm であるが、下部電極と信号転送素子とを接続するためのコンタクトホールより大きく、画素より小さければよい。

【0051】【実施例 2】本実施例は、実施例 1 のイメージセンサの上部に複数のマイクロレンズを形成した光電変換素子およびその作製方法である。1 画素の光電変換素子の上に複数のマイクロレンズを設けることで、変換効率を上げることができる。

【0052】図 4 に本実施例で示すイメージセンサの一画素の断面図を示す。実施例 1 のイメージセンサの光電変換素子 102 の上方にアクリル樹脂からなるマイクロレンズ 401 が断面上に 3 個設けられており、縦横 3 個ずつの計 9 個のマイクロレンズが一画素に設けられている。

【0053】本実施例のイメージセンサの作製工程を図 5、図 7 に示す。まず、図 5 (a) に示すように、実施例 1 のイメージセンサの光電変換層の上部電極である ITO 105 の上方に膜厚 5 μm ~ 10 μm アクリル樹脂の平坦化膜 501 を形成し、その上に膜厚 2 μm ~ 4 μm のポジ型のレジスト 502 を形成する。

【0054】このレジストを図 7 (a) で示すような、実施例 1 で用いたマスクとほぼ逆のマスクパターンが形成されているマスク 701 (円パターンが印刷されているマスク) を用いて実施例 1 と同様の方法でパターニングして図 7 (c) に示すような湾曲部を有するレジスト 704 (図 5 (b) の 503 にあたる) を形成する。マスク 701 は一画素に相当するマスクであり、3 × 3 の円パターンが印刷されており、一画素に 3 × 3 の 9 個のマイクロレンズを形成することができる。図 7 (a) のマスクの円の大きさ 710 は 2 μm ~ 4 μm に設計したもの用い、実施例 1 のマスクと同じ配置とする。本実施例では、図 7 (a) の 701 で示すマスクを用いたが、マスクのパターン形状は他の形状であってもかまわない。

【0055】次に、図 5 (b) に示すレジスト 503 とアクリル樹脂の平坦化膜 501 のエッティング選択比が 1 対 1 から 1 対 2、好ましくはほぼ 1 対 1 となるようにエッティングして、図 4 のマイクロレンズ 401 を形成することができる。 $\text{CF}_4 / \text{O}_2$  を 5 対 95 の割合で混合したエッティングガスを用いてレジスト膜をエッティングし、凸状曲面を有するアクリル樹脂を形成する。本実施例では  $\text{CF}_4 / \text{O}_2$  系のエッティングガスを用いたが、レジスト 503 と有機樹脂膜 501 のエッティング選択比が 1 対 1 であるような他のエッティング方法を用いてもよい。

【0056】このように、実施例 1 とマスクパターンを変えると、同じポジ型レジストを用いても凸湾曲部を形成できる。

【0057】本実施例のように、一画素に複数のレンズを設けることで、変換効率を上げることができる。また、本実施例のように、光電変換素子の下部電極のマスクパターンとマイクロレンズのマスクパターンを対応させると、両凸マイクロレンズ 401 を形成することができ、片凸マイクロレンズよりもさらに変換効率をあげることができる。

#### 【0058】

【発明の効果】本発明は、光の反射、集光、分散を利用して変換効率を上げることができ、イメージセンサの画素の縮小に伴い問題となった感度を向上させることができる。また、意識的に集光させて光を制御できるので、特にイメージセンサで問題となった画素ごとの感度の均一性を持たせることができる。また、本発明はイメージセンサに限らず、光電変換素子を有する光電変換装置の感度を向上させ、かつ感度の均一性を持たせることができる。

【0059】更に、本発明を用いると、感度の点において一画素の大きさの限界を縮めることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】積層型イメージセンサの模式図

【図 2】積層型イメージセンサの模式図

【図 3】積層型イメージセンサの作製工程の模式図

13

- 【図4】 積層型イメージセンサの模式図  
 【図5】 積層型イメージセンサの作製工程の模式図  
 【図6】 マスクのパターンおよびマスクとレジストの断面図  
 【図7】 マスクのパターンおよびマスクとレジストの断面図

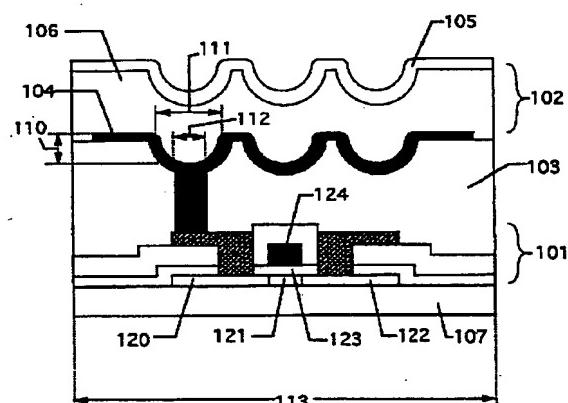
## 【符号の説明】

- 101 信号転送素子  
 102 光電変換素子  
 103 有機樹脂  
 104 下部電極  
 105 上部電極  
 106 光電変換層  
 107 基板  
 110 湾曲部の高低差  
 111 湾曲部の大きさ

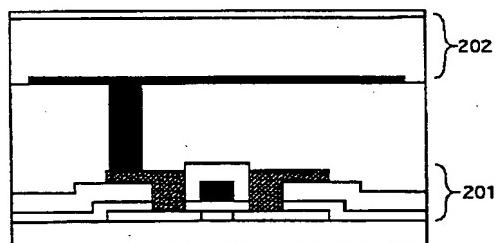
14

- 112 コンタクトホールの大きさ  
 113 画素の大きさ  
 120 ソース  
 121 チャネル  
 122 ドレイン  
 123 ゲート絶縁膜  
 124 ゲート電極  
 201 信号転送素子  
 202 光電変換素子  
 10 301 有機樹脂の平坦化膜  
 302 レジスト  
 303 レジスト  
 401 マイクロレンズ  
 501 有機樹脂の平坦化膜  
 502 レジスト  
 503 レジスト

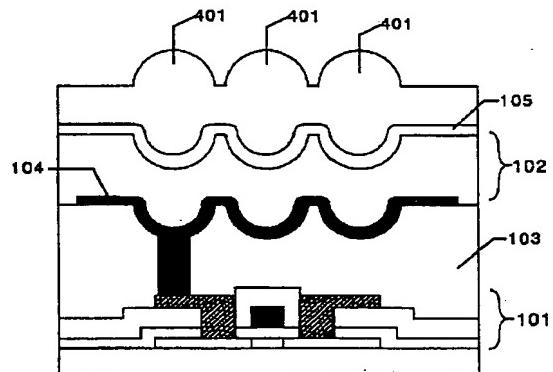
【図1】



【図2】

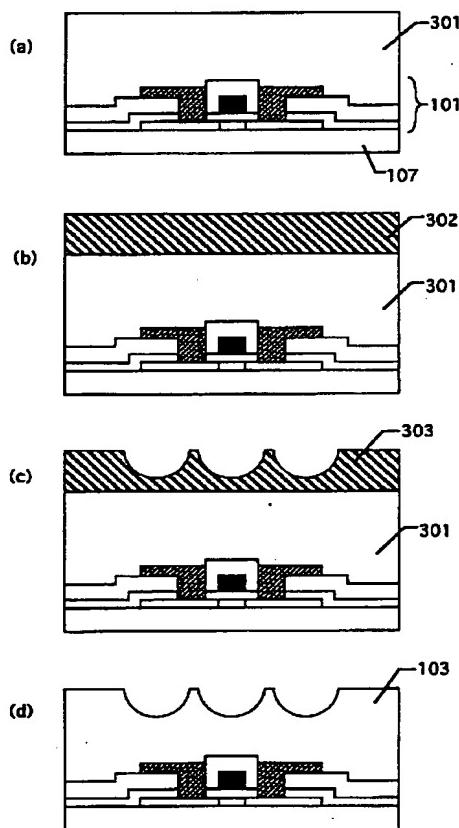


【図4】

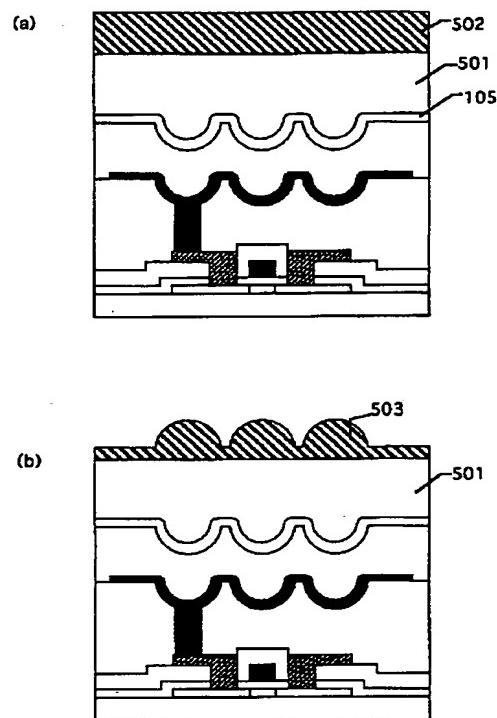


BEST AVAILABLE COPY

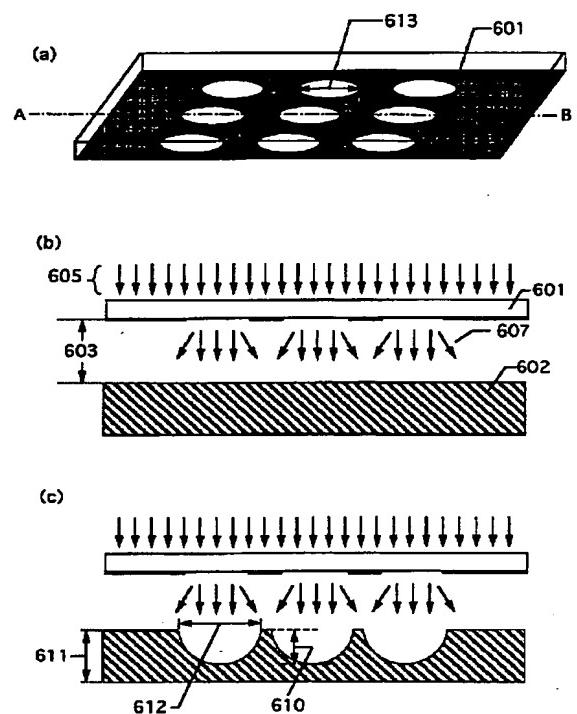
【図3】



【図5】



【図6】



BEST AVAILABLE COPY

【図7】

